

# 激光拼焊板在汽车制造中的应用及相关工艺研究

李 斌<sup>1</sup>, 郭小燕<sup>2</sup>, 路洪洲<sup>3</sup>

- 1. 重庆交通大学机电与汽车工程学院, 重庆 400074;
- 2. 重庆市光学机械研究所 重庆 401123;
- 3. 华东理工大学, 上海 200237

摘要: 采用激光拼焊技术把不同材料、不同厚度和具有涂层的板材焊接在一起, 形成可冲压车身外板。实践证明: 这种新技术和传统生产工艺相比, 使汽车车身重量减轻, 刚度增强, 提高了生产效率和材料利用率, 经济效果明显。但是应重视激光切割和拼焊后工件边缘出现裂纹和淬硬组织及对后续工艺及产品质量的影响。

关键词: 激光拼焊; 车身; 应用; 微裂纹

中图分类号: TH161; V270.2

文献标识码: A

文章编号: 0253- 2743(2012)01- 0059- 02

## Research on process and application of Laser Tailor Welded Blanks in automobile manufacturers

LI Bin<sup>1</sup>, GUO Xiao- yan<sup>2</sup>, LU Hong- zhou<sup>3</sup>

- 1. Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China;
- 2. Chongqing Institute of Optics and Mechanics, Chongqing 401123, China;
- 3. East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China

Abstract: Laser Tailor Welded Blanks (TWBs) are welded blanks that consist of dissimilar material, thicknesses, shapes and/ or coating prior to stamping it into the desired shapes in automobile manufacturers. Contrasted with traditional technology, it has been proved, the advantages of using TWBs include weight reduction, strength increase, productivity increase, material utilization increase and cost reduction. But it should be paid attention to the cracks and quenching microstructures at the edge of workpieces made by laser cutting and welding which will influence the subsequent processes and the product quality.

Key words: TWBs; automobile manufacturers; crack; quenching microstructure

激光拼焊板是用不同的材质、厚度和涂镀层的钢板或者有色金属板材, 切成一定尺寸和形状, 用激光束焊接成一块整体板, 然后把这种拼焊板冲压成特定形状的汽车零件, 这种工艺可减轻汽车重量, 减少材料消耗和加工工序, 提高生产效率, 降低成本, 所以近年来倍受业界各汽车生产厂家的青睐。汽车工业一直致力于在不降低汽车结构稳定性的同时, 尽量减轻车重及有效的增强汽车外板件的稳定性, 而激光拼焊的应用, 有效的解决了上述问题, 被誉为当今汽车工业最成功的一项新技术<sup>[1- 9]</sup>。

Nd 是一种稀土元素, YAG 为钇铝石榴石, 晶体结构与红宝石相似。这种激光器波长为 1.06 $\mu$ m, 其产生的光束可以采用光纤传递, 焊接精确度较高。

### 2) 气体 CO<sub>2</sub> 激光器

以 CO<sub>2</sub> 为工作气体, 其连续输出功率较高, 标准激光功率在 2KW 至 5KW。CO<sub>2</sub> 激光器的波长为 10.6 $\mu$ m, 电光转换效率可达 15% 至 25%。其激光器的工作现场图如图 2 所示:



图2 激光器工作现场图

## 2.2 激光拼焊工艺

一般采用板材下料拼焊, 激光拼焊生产线主要有传送装置, 激光焊接设备, 其通用流程框图如图 3:

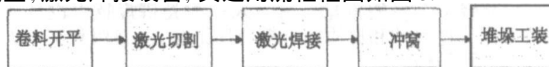


图3 激光拼焊流程

## 2.3 激光拼焊工艺过程

1) 材料: 材料一般为(因为激光焊接后还要进行深拉) 0.65mm 至 3.0mm 厚的冷轧低碳钢和塑性及焊接性能较好的高强度薄钢板( $\sigma_s = 210 - 900\text{MPa}$ )。

2) 下料: 采用激光切割下料, 把不同厚度板材裁剪成预定的尺寸现状, 也可采用冲压及冲剪成形。无论采用那种下料方法, 必须采用保证裁剪精度以及良好的切边质量, 以保证下一步无缝隙激光拼焊工艺实施。

3) 激光拼焊: 选择设备参数, 调节工装夹具, 保证焊缝均衡, 焊缝宽度应等于原始板材厚度, 拼焊板的焊缝一般为直焊缝, 对曲线焊缝应按计算机操作程序进行。激光拼焊焊缝熔深随激光功率变化的曲线如图 4 所示。汽车常用的高强度 TRIP 钢板, 激光拼焊熔深随焊接速度变化的曲线如图 5 所示。因此激光拼焊过程中工艺参数的选择对焊缝质量至

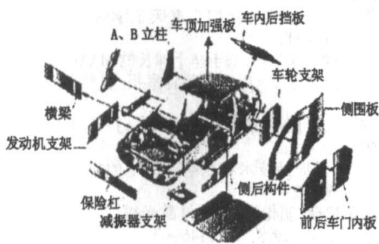


图1 激光拼焊应用的典型零件

目前主要应用有前后车门内板, 前后纵梁, 侧围、底板、车门内侧的 A, B, C 立柱, 轮罩及尾门内板等。据统计在汽车制造中采用激光拼焊板材后, 可使零件重量相对减轻 24%, 零件数量减少 19%, 焊点下降 49%, 生产效率提高 21%。目前, 我国的激光拼焊板生产线已超过 10 家, POSCO 全自动激光拼焊生产线有 7 家<sup>[10- 14]</sup>。

## 2 激光拼焊设备及工艺<sup>[15- 19]</sup>

### 2.1 设备

多数厂家均采用大功率激光器, 主要有两大类:

- 1) 固体激光器(Nd: YAG 激光器)

收稿日期: 2011- 12- 05

基金项目: 国家科技部国际合作项目(2008DFB50020)

作者简介: 李斌(1966- ), 男, 汉族, 重庆人, 硕士, 主要从事车辆自动控制, 车辆制造技术方面的研究。

关重要。

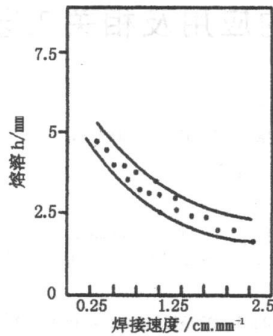
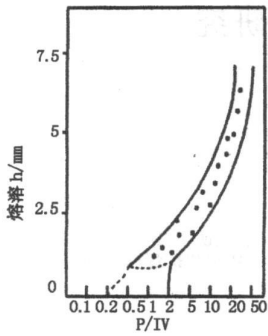


图4 激光拼焊焊缝熔  
溶与激光功率关系曲线

图5 TRIP 钢板激光拼焊  
熔深随焊接速度变化曲线

4) 焊缝在线检测, 可采用物理方法检测焊缝的几何形状, 内部缺陷等。

### 3 激光拼焊板的技术特性及优势

#### 3.1 激光拼焊板的技术特性

激光拼焊板的特点是焊接线能量高, 无填料, 无搭接, 速度快, 熔深大, 变形小, 热影响区小, 焊缝热影响区晶粒细化等。

1) 焊缝区的体积降低, 不增加焊缝高度, 接缝平整, 几何形状热应力集中。

2) 焊缝热影响区狭窄, 晶粒细小, 焊缝强度高, 对冲压成形特性影响较小。

3) 焊接自动化, 生产率高, 生产工件整齐化一, 重量一致。

4) 采用在线检测, 可保证焊缝的质量和几何尺寸的精确性, 对每一片拼焊板可精确进行跟踪控制。

#### 3.2 激光拼焊板的技术优势

基于激光拼焊板的技术本身的特点, 应用于车身制造有以下技术优势:

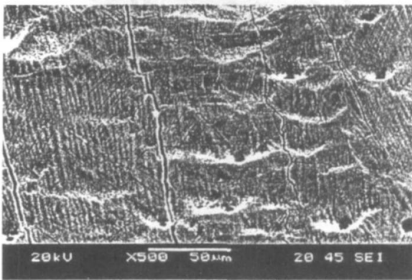


图6 TRIP 钢激光切割后表面裂纹和气泡形貌

1) 减轻了车身的重量。由于采用激光拼焊技术设计者可按不同厚度尺寸和材质的材料合理组合, 使结构和刚度大大提高, 重量减轻。

2) 原材料的利用率提高, 边角余料减少, 使各种钢板的工程废料率下降。

3) 减少车身组合零件的数量。由于激光拼焊板可以一次成形, 减少了大量冲压加工设备及工艺工装, 减少了模具的安装过程和其他切割加工工序, 简化了车身制造过程。

4) 使汽车车身结构功能提高, 由于使材料的强度厚度得到了合理组合, 结构的刚度得到提高, 结构的抗碰撞性能也提高。由于结构和截面尺寸的变化, 汽车自身的减振性能也提高了。

### 4 激光拼焊技术的弊端和局限性

#### 4.1 不同厚度钢板激光拼焊

由于激光拼焊热量高度集中, 热过程非常迅速, 造成不等厚钢板热容差异, 热膨胀及热流量不同, 使焊接接头出现微裂纹, 并易于诱发马氏体(见图6、图7), 使焊接接头疲劳强度下降, 并易于引起微裂纹扩展。

#### 4.2 异种材料板激光拼焊

由于不同的板材激光拼焊, 必须充分考虑到物理化学性能的差异和相溶性、可焊性, 特别是由于异种金属材料, 电极电位不同, 容易引起电位腐蚀, 为此应引起关注。

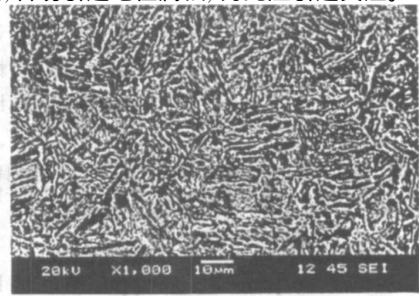


图7 TRIP 钢激光切割后表面马氏体形貌

#### 4.3 涂层板拼焊

由于目前汽车工业多采用金属涂层板(如镀锌板, 镀铝板等), 激光拼焊时易出现气孔, 而且这种局部缺陷, 常出现在尺寸厚度差别较大的拼缝处, 给在线无损检测带来盲区。同时由于焊缝区的硬化, 也给后续冲压过程带来一定的困难。

### 5 结论

激光拼焊技术能实现等厚和不等厚钢板对焊, 可有效的降低整车的重量和组件, 提高车身结构件的刚度和碰撞性能。激光拼焊对加工工件的材质, 形状, 尺寸和空间控制的自由度大, 特别适用于汽车车身的自动化生产。但对激光切割和拼焊生产工艺过程中出现的表面裂纹及诱发的马氏体等缺陷不容忽视, 必须认真研究消除这种工艺缺陷。

#### 参考文献

- [1] 贺富, 激光拼焊在汽车上的运用[J]. 长安科技, 2008, (4).
- [2] 全广. B280/440DP 钢FLD 试验报告[R]. 宝山钢铁股份有限公司钢研中心, 2008, 11.
- [3] GB/T15825.8. 1995 金属薄板成形性能与试验方法(成形极限图(FLD)试验)[S], 1995.
- [4] 陈炜, 吴毅明, 吕盾, 侯波, 郭伟刚. 差厚激光拼焊板门内板的成形性能研究[J]. 中国机械工程, 2006, 17(11): 1188-1190.
- [5] 杨继昌, 陈炜, 张福祥, 仲志刚, 方杰, 朱国璋. 差厚拼焊板拉伸成形工艺研究[J]. 江苏大学学报(自然科学版), 2003, 24(5): 1-4.
- [6] 杨雨泽, 孙凌玉, 尹奇凡等. 兼顾轻量化与吸能性的汽车前纵梁拼焊板设计与参数优化[J]. 重庆工学院学报: 自然科学版, 2007, (12): 6-11.
- [7] 李春天, 罗怡, 陈方等. 基于干净伸长的MAAO 焊接数学模型与工艺参数控制[J]. 重庆工学院学报: 自然科学版, 2009, (6): 111-115.
- [8] 陈波. 硅青铜与不锈钢激光焊接工艺[J]. 四川兵工学报, 2010, (5): 69-72.
- [9] 黄刚. 电子束焊接技术在航空产品中的应用[J]. 四川兵工学报, 2010, (5): 73-74.
- [10] 李季, 黄树槐, 胡伦骥等. 板材激光拼焊生产线上的关键设备[J]. 锻压技术, 1998, 23(2): 46-49.
- [11] 阎启, 曹能, 俞宁峰. 激光拼焊板成形性能的试验研究[J]. 应用激光, 2003, 23(27): 71-73.
- [12] 钱婵娟. “激光拼焊”现身中国[J]. 汽车及配件, 2002, (44): 15-16.
- [13] 阎启. 激光拼焊板在轿车上的运用[J]. 应用激光, 2004, 24(6): 397-398.
- [14] 阎启. 汽车用激光拼焊技术及市场发展现状[J]. 新技术新工艺(先进热加工专题技术), 2006, (2): 14-15.
- [15] 董绍斌. 激光拼焊板技术在汽车车身制造中的应用[J]. 汽车工艺与材料, 2006, (5): 9-11.
- [16] 闫志波, 王长明, 吴会波. 激光拼焊线在汽车上的应用[J]. 工艺与新技术, 2007, 36(5): 29-31.
- [17] 张文毓. 激光焊接技术的研究现状与应用[J]. 新技术新工艺(热加工工艺技术材料研究), 2009, (1): 48-50.
- [18] 王勇刚, 马晓宇. 激光在汽车工业中的发展现状与应用[J]. 应用光学, 2004, 25(5): 1-2.
- [19] 闫志波, 刘培月, 王长铭. 激光拼焊生产线的组成及应用[J]. 应用激光, 2008, 28(5): 379-382.